



INFN/TC-07/13
5 Dicembre 2007

**QUALIFICAZIONE DI CONTENITORI IN TITANIO EFFETTUATI
IN CAMERA IPERBARICA**

A. Ferrari ⁽¹⁾, A. Grimaldi⁽²⁾, A. Rottura⁽¹⁾

¹⁾*INFN-Sezione di Genova, c.o. Dipt. di Fisica - Università degli Studi di Genova,
I-16146 Genova, Italy*

²⁾*INFN-Sezione di Catania, Via S. Sofia 64, I-95123 Catania, Italy*

Abstract

In questo rapporto è descritto il test effettuato con camera iperbarica su 3 contenitori in titanio per qualificarne la loro tenuta ad una pressione esterna di lavoro di 350 bar equivalente a 3500 m di colonna d'acqua.

PACS.: 07.35.+k

1 INTRODUZIONE

La misura dei neutrini cosmici di elevatissima energia tramite un telescopio Cherenkov sottomarino rappresenta uno dei più promettenti sviluppi della fisica astroparticellare. La sezione di Genova dell'INFN partecipa agli esperimenti ANTARES 1) e NEMO 2) che stanno realizzando due rivelatori situati in siti distinti nel mar Mediterraneo di fronte alle coste francesi e alle coste siciliane rispettivamente a 2500 e 3500 m. di profondità. Questi rivelatori misurano la luce Cherenkov dei muoni prodotti dai neutrini tramite diversi array di fotomoltiplicatori contenuti in apposite sfere di vetro resistenti alla pressione esterna.

Nell'esperimento Antares la corrispondente elettronica di lettura e potenza e' alloggiata in cilindri in titanio collegati ad un cavo elettro ottico per l'alimentazione e la trasmissione dati con la shore station.

Nell'ambito della collaborazione tra i due esperimenti si e' deciso di immergere nel sito siciliano a 3500 m di profondità una stringa di Antares di dimensioni ridotte per poter paragonare nello stesso ambiente le due geometrie attualmente esistenti e per monitorare i due siti con lo stesso apparato.

A tale scopo si sono effettuati nella nuova stringa tutte quelle modifiche e test necessari a adattare la linea alla nuova pressione esterna che passa da 250 a 350 atm nel sito di Capo Passero.

Uno di questi test e' consistito nel qualificare i tre contenitori in titanio utilizzando la camera iperbarica dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare della sezione di Catania.

In questo rapporto descriviamo la procedura seguita.

2 IL MATERIALE TESTATO E LA PROCEDURA DI ASSEMBLAGGIO

Il test di qualificazione e' stato effettuato su 3 cilindri in titanio grado V prodotti per l'esperimento Antares di lunghezza 600mm e chiusi da due flangie come illustrato in figura 1.

Lo spessore dei cilindri e' di 11 mm mentre il diametro esterno risulta essere 17.6 mm. Utilizzando l'espressione valida per cilindri lunghi e sottili 1) che lega la pressione massima esterna p_{max} allo spessore s , al diametro d del cilindro e al modulo di Young E del materiale:

$$p_{max} = 2E/k(s/d)^3 \quad (1)$$

Ove k è il fattore di sicurezza si ottiene $p_{max} = 250$ bar e $p_{max} = 350$ bar rispettivamente con $k=2$ e $k=1.5$

Dato che i cilindri saranno utilizzati a 3500m di profondità il fattore di sicurezza nelle nuove condizioni operative si riduce notevolmente passando da $k=2$ nel sito di Antares a $k=1.5$ nel sito di Capo Passero. Lo scopo di questo test e' stato dunque quello di validare i cilindri anche per una pressione esterna di 350 bar.

Gli accoppiamenti tra i cilindri e le flangie sono stati decisi sulla base di misure effettuate nel Centro Misure dell'officina INFN della sezione di Genova.

Prima di effettuare il test in camera iperbarica si sono rese necessarie alcune operazioni preliminari:

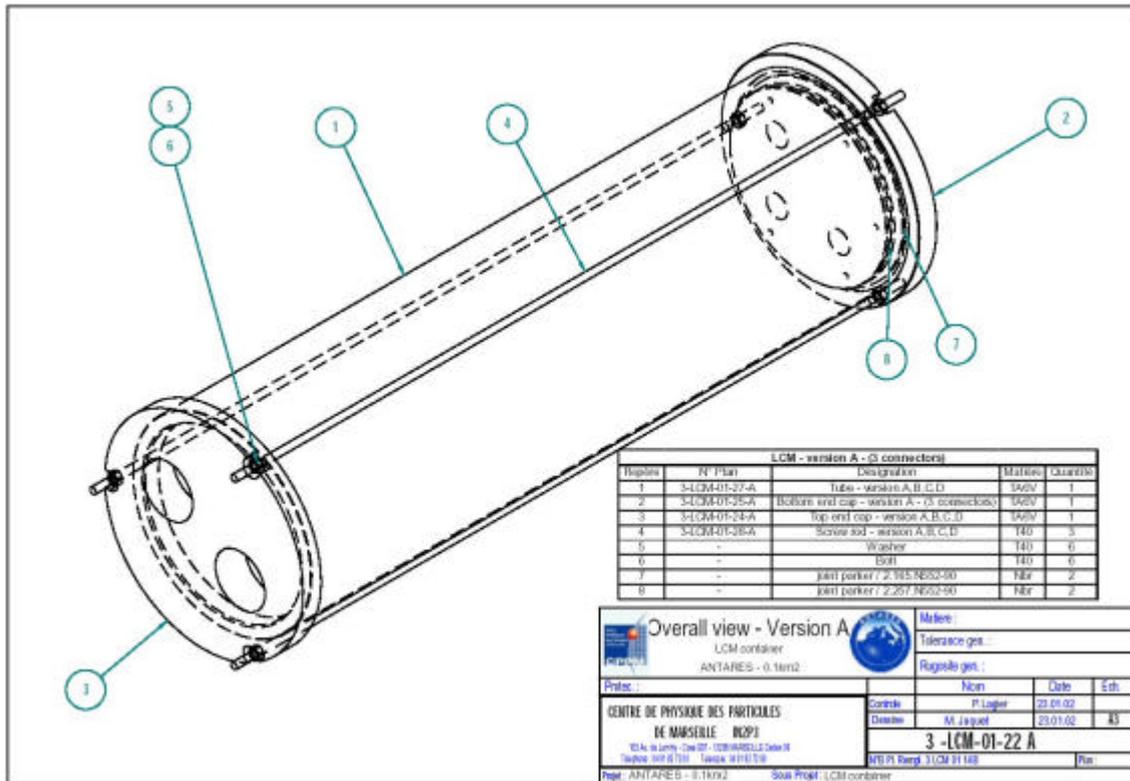


Fig. 1: Il contenitore in titanio

2.1 Preparazione delle flangie

Nelle flangie inferiori sono stati montati i relativi penetratori elettrici della ditta SUBCON modello BH12F secondo procedura d'integrazione attuata presso il CPPM di Marsiglia, eseguendo un collaudo ove si utilizza un cercafughe a elio per provarne la tenuta.

Nelle flangie superiori sono stati montati dei tappi di acciaio per simulare la presenza dei penetratori elettro ottici previsti nella configurazione finale.

Il montaggio dei connettori e dei tappi è stato eseguito ingrassando gli O-Ring e le relative gole con Molikote 111, proteggendo le parti delicate ad elevata tolleranza della flangia e serrando con chiave dinamometrica, coppia di serraggio 50 Nm.

2.2 Identificazione delle possibili perdite: il tracciatore

Il passo successivo è stato quello di coprire con un rivelatore di perdite bianco, usato generalmente per la verifica delle saldature, tutte le parti. Tale materiale, infatti, (bombola spray marca CGM tipo conforme all'omologazione AMS2644) serve ad evidenziare i punti di perdita che eventualmente si potrebbero verificare durante i test. Prima di spruzzare il tracciatore le parti delicate e critiche per gli accoppiamenti sono state mascherate opportunamente come illustrato in fig.2.



Fig.2: Preparazione delle flangie

2.3 Assemblaggio finale

Prima della chiusura, nella parte interna di ciascun cilindro e' stato alloggiato un sacchetto di sabbia. La sabbia ha funzione anticollasso. Infatti, se a causa della sollecitazione esterna, la struttura cedesse all'improvviso, l'onda di pressione prodotta potrebbe provocare la rottura della camera. Con la sabbia invece la variazione di volume diviene minima e l'eventuale collasso non produrrebbe danni.

Terminata questa fase, illustrata in fig. 3, il cilindro e le due flangie di chiusura comprensive di connettori ed O-ring sono stati assemblati avendo l'accortezza di non far toccare l'O-Ring ingrassata contro il marcante bianco.



Fig.3: Sicurezza anticollasso

3 LA CAMERA IPERBARICA, IL TEST EFFETTUATO E I RISULTATI

La camera iperbarica dell'INFN di Catania ha una forma ellissoidale di dimensioni interne: diametro principale 600 mm e altezza massima 794 mm spessore minimo 75 mm che permette di raggiungere una pressione massima di 400 bar. La camera e' asservita da un sistema di automazione che ci ha permesso di effettuare i test richiesti in maniera affidabile, senza la necessit  di presidiare il sistema durante l'esecuzione dei programmi.

Il posizionamento dei cilindri all'interno della camera non risulta molto semplice in quanto la geometria interna della suddetta   molto simile alla sfera.

Si   inoltre deciso, per motivi di tempo, di effettuare i test contemporaneamente su tutti i 3 cilindri (vedi fig. 4).

Il protocollo di qualificazione dei contenitori soggetti a pressione esterna prevede due fasi successive di test: nella prima si sottopone l'oggetto ad una pressione del 20% superiore a quella di esercizio per una durata di 24 h, nella seconda si esegue una serie di 10 cicli della durata di 3 ore ciascuno che partendo dalla pressione atmosferica salgono fino alla pressione di esercizio per poi calare di nuovo alla pressione atmosferica.

In tutti i test effettuati la velocit  della rampa di salita e di discesa in pressione e' stata fissata in modo da ricalcare la velocit  di discesa della stringa durante l'operazione di immersione.

Per un ulteriore margine di sicurezza nei nostri test di qualificazione abbiamo aggiunto una prova di pressurizzazione iniziale a 100 Bar per 1 h con un'ispezione parziale dell'interno dei cilindri. Questo test   servito, tra l'altro, a verificare se i cilindri non modificano le loro caratteristiche di tenuta con successive aperture e chiusure.

Successivamente   stato impostato il programma di collaudo effettivo con la prima fase pressostatica di 24 ore ad una pressione pari a $1.2 \times 335 \sim 400$ bar.



Fig.4: La camera iperbarica pronta alla chiusura.

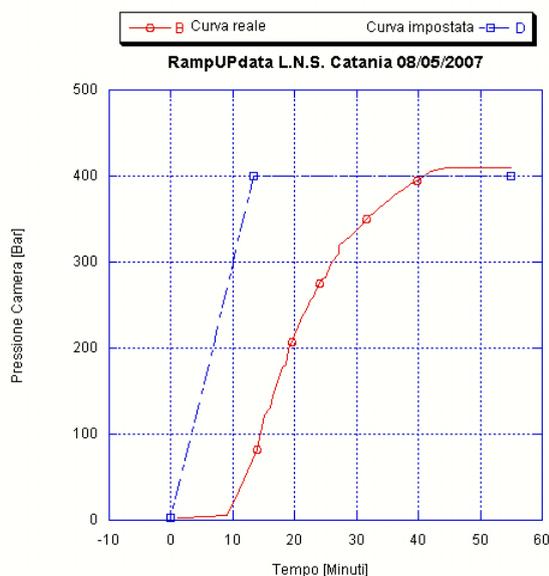


Fig.5: Il profilo pressione utilizzato

In fig.5 e' rappresentato in funzione del tempo il profilo di pressione impostato (curva blu) e quello effettivamente prodotto nella camera iperbarica dal sistema di pompaggio(curva rossa) Lo sfasamento tra le due curve, dovuto al tempo di reazione di tutto l'apparato, è trascurabile rispetto alla durata della fase pressostatica, all'incirca 18 h.

Terminata questa fase i cilindri sono stati sottoposti a circa 10 cicli in cui la pressione, dal valore atmosferico passa a quella di esercizio (1 ora a 320 bar) per poi tornare nuovamente alla pressione atmosferica. Inoltre finita la discesa di pressione si sono lasciati i cilindri ad una pressione di 22 bar per circa un'ora in modo da provare per bene la tenuta degli O-ring.

Svuotata ed aperta la camera si sono tolti i cilindri (vedi fig.6) e si è proceduto all'ispezione osservando se all'interno dei cilindri fosse presente acqua oppure se il marcante bianco presentasse segni di trafilamento o aloni più scuri indicativi di una perdita delle tenute.

L'ispezione su tutte le parti dei tre cilindri a dato esito negativo.



Fig.6: Ispezione cilindri dopo il test in pressione.

REFERENZE

- [1] <http://antares.in2p3.fr>
- [2] <http://nemoweb.lns.infn.it/>
- [3] C.Malvasi: Manuale Ingegnere Meccanico. Hoepli Milano